

Zeitschrift für angewandte Chemie.

IX. Jahrgang.

Heft 37.

14. September 1906.

Alleinige Annahme von Inseraten bei August Scherl, G. m. b. H., Berlin SW 68, Zimmerstr. 37/41 und Daube & Co., G. m. b. H., Berlin SW 68, Jerusalemerstr. 53/54.

sowie in deren Filialen: **Bremen**, Obernstr. 16. **Breslau**, Schweidnitzerstr. 11. **Dresden**, Seestr. 1. **Elberfeld**, Herzogstr. 88. **Frankfurt a. M.**, Kaiserstr. 10. **Hamburg**, Alter Wall 76. **Hannover**, Georgstr. 39. **Kassel**, Obere Königstr. 27. **Köln a. Rh.**, Hohestr. 145. **Leipzig**, Petersstr. 19, I. **Magdeburg**, Breiteweg 184, I. **München**, Künigstr. 25 (Domfreiheit). **Nürnberg**, Kaisstr. Ecke Fleischbrücke. **Straßburg l. E.**, Gießhausgasse 18/22. **Stuttgart**, Königstr. 11, I. **Wien I**, Graben 28. **Würzburg**, Franziskanergasse 5^{1/2}. **Zürich**, Bahnhofstr. 89.

Der Insertionspreis beträgt pro mm Höhe bei 45 mm Breite (8 gespalten) 15 Pfennige, auf den beiden äußeren Umschlagseiten 20 Pfennige. Bei Wiederholungen tritt entsprechender Rabatt ein. Beilagen werden pro 1000 Stück mit 10.50 M für 5 Gramm Gewicht berechnet; für schwere Beilagen tritt besondere Vereinbarung ein.

INHALT:

Dr. N. Caro: Über einheimische Stickstoffquellen 1569.

Dr. Lehner: Die Kunstseide 1581.

Dr. O. Röhm: Aus der Fabrikation des Leuchtgases 1585.

G. Neumann: Großindustrie und Patentgesetz 1587.

Referate:

Elektrochemie 1589.

Wirtschaftlich-gewerblicher Teil:

Tagesgeschichtliche und Handelsrundschau: Der Arbeitsmarkt im Juli 1906; — Lithiumhaltige Mineralien; — Seltene Erden 1593; — Natürliche Soda in Mexiko; — Die Aluminiumindustrie Britisch-Indiens; — Herstellung von Cordit und Schießbaumwolle in Japan 1594; — Die Baumwollzüchtung in den deutschen Kolonien; — Wien: Uranerz; — Essen: Die Verwendung von Dampfkraft zur Gewinnung elektrischen Stromes; — Frankfurt a. M.; — Handelsnotizen 1595; — Aus anderen Vereinen: Schweizerischer Verein analytischer Chemiker; — XIV. Internationaler Kongress für Hygiene und Demographie; — Personal- und Hochschulnachrichten 1597; — Neue Bücher; — Bücherbesprechungen; — Patentlisten 1598.

Über einheimische Stickstoffquellen.¹⁾

Von Dr. phil. NIKODEM CARO-BERLIN,
dipl. techn. Chemiker.

Meine Herren! Das Jahr 1906 ist für die Verwendung stickstoffhaltiger Düngemittel ein Jubiläumsjahr. Es sind 75 Jahre verflossen, seitdem der erste Chilesalpeter angewendet worden ist. 1839 erfolgte darauf erstmalig die Verwendung schwefelsauren Ammoniaks als Düngemittel.

Die eigentliche ausgedehnte Anwendung als Düngemittel hat der Stickstoff, und zwar, naturgemäß, in gebundener Form erst dann gefunden, als die Anwendung rein mineralischer Kali- und Phosphordünger ergeben hatte, daß wirklich gute Ernteerträge nur erzielt werden können, wenn neben Kali und Phosphor auch noch Stickstoff angewendet wird. — Heute existiert kein Zweifel mehr darüber, daß zur Erreichung günstiger Bodenbewirtschaftung unbedingt eine der durch Pflanzen stattfindenden Entnahmen entsprechende Zufuhr an Stickstoff, Kali und Phosphor erfolgen muß, und daß für diesen Zweck sowohl organische als auch unorganische Quellen dienstbar gemacht werden können.

Diese Erkenntnis führte zu einer früher nie geahnten Ausnutzung des Bodens für Pflanzungszwecke, ja zur Benutzung solcher Bodenarten, die in bezug auf Anbauzwecke als steril und unbenutzbar galten.

Hand in Hand damit ging eine ungeheure Steigerung des Bedarfes an künstlichen Düngemitteln, und die Frage der Beschaffung derselben wurde zu

einer der wichtigsten, an deren Beantwortung im gleichen Maße Industrie, Technik und Landwirtschaft beteiligt waren.

Speziell ist der Bedarf resp. der Konsum stickstoffhaltiger Düngemittel unablässig gestiegen, wie die Verbrauchskurve für das hauptsächlichste stickstoffhaltige Düngemittel, den Chilesalpeter, erweist (siehe Fig. 1), und ein Nachlassen dieser Steigerung ist weder irgendwo zu bemerken, noch auch zu erwarten. Viele Ursachen sind hierfür maßgebend.

Zunächst und vornehmlich die Erweiterung der Erkenntnis, daß durch eine intensive Zuführung stickstoffhaltiger Düngemittel eine rationelle und steigende Ausnutzung des Bodens ermöglicht ist. Einer unserer vornehmsten landwirtschaftlichen Lehrer bezeichnet den Stickstoff als den „Energieträger“ des Bodens; die ganze landwirtschaftliche Praxis ist ein Beweis für die Richtigkeit dieses Ausspruches. — Ferner kommt der Umstand hinzu, daß Länder, welche bis jetzt auf ursprünglichem Ackerboden landwirtschaftliche Kultur getrieben haben, nach und nach dazu übergehen, künstliche Düngemittel, speziell künstliche, stickstoffhaltige Düngemittel, anzuwenden. In erster Reihe stehen die Vereinigten Staaten von Nordamerika hier, welche, wie ein Studium der in Betracht kommenden Verhältnisse ergibt, aufgehört haben, den Weizenbau aus eigenen Kräften des jungfräulichen Bodens zu betreiben. Wie eine Flutwelle erstreckte sich die Weizenbebauung in den Vereinigten Staaten; dort, wo sie ihren höchsten Punkt erreichte, blühte der Weizenbau, doch wo sie vorübergang, blieb ein ausgenutzter Boden zurück. Die Region des Weizenbaus zog sich immer weiter nach Westen, heute ist sie am Felsengebirge angelangt und kann nicht weiter, an den Steinen des Gebirges hat sich die

1) Vortrag gehalten auf der Hauptversammlung des Vereins deutscher Chemiker in Nürnberg

Flutwelle gebrochen. Im Osten wendet man sich mehr und mehr dem Anbau lohnenderer Früchte zu oder läßt das Land verfallen. Die Erschöpfung des Bodens bedingte, daß man in den Vereinigten Staaten sich auch mehr und mehr dem Gebrauche künstlicher Düngemittel zuwandte, und daß hierbei wiederum die stickstoffhaltigen eine maßgebende Rolle spielen, deren Zunahme in den Jahren 1901—1905 ca. 100 000 t betrug.

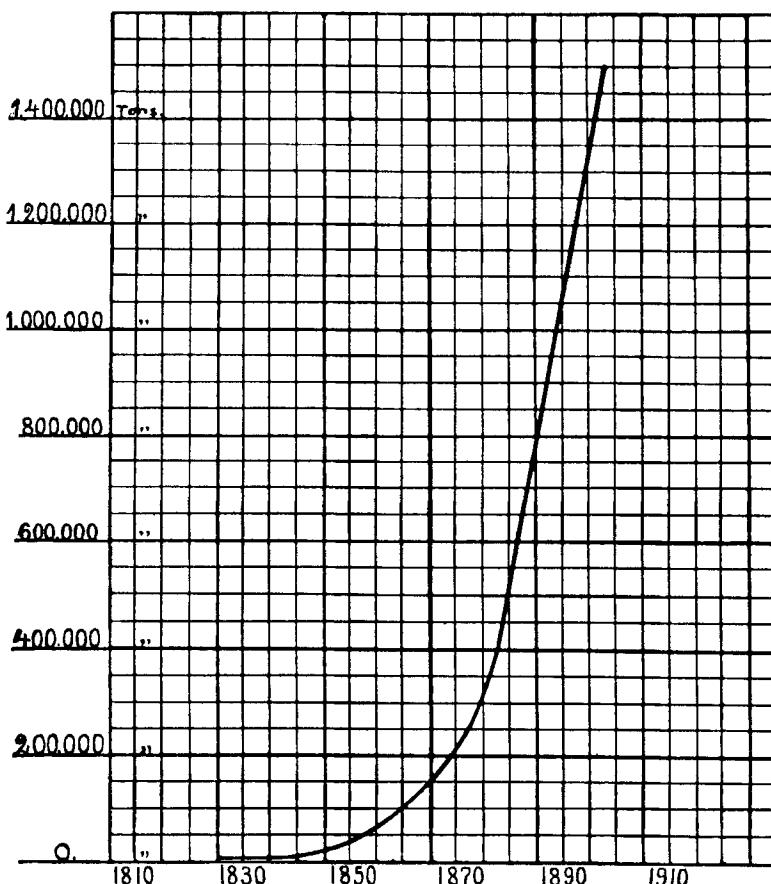
auf 371 Millionen, im Jahre 1901 auf 600 Millionen geschätzt. In die Reihe derselben sind jetzt noch die Japaner getreten, welche in der Heeresverwaltung von der Reisernährung zur Weizernährung, in der Marine zur gemischten Ernährung (Reis und Gerste) übergehen, eine natürliche Folge der Notwendigkeit, in kälteren Klimaten größeren Anstrengungen gewachsen zu sein. Alle diese Umstände führen dazu, daß auf dem Weltmarkt eine größere Erhöhung des Stickstoffbedarfs stattfindet und noch weiter in großem Maßstabe zu erwarten ist.

Auch in Deutschland hat, wie ich nachher noch zahlenmäßig nachweisen werde, eine gewaltige Steigerung des Stickstoffbedarfs stattgefunden, die noch weiter andauert, und deren Nachlassen gleichfalls nicht zu erwarten ist. Diese Steigerung ist durch mancherlei Umstände veranlaßt. Einerseits durch die Dürre vergangener Jahre, sodann durch die natürliche Vermehrung der Bevölkerung, endlich als Folge einer der Landwirtschaft günstigen Gesetzgebung, welche es ermöglicht, größere Kapitalien nutzbar in landwirtschaftlichen Betrieben anzulegen, und deshalb flüssige Mittel auf die Einführung intensiver Bodenkultur anzuwenden. Die chemische Industrie Deutschlands verbraucht gleichfalls eine große Menge stickstoffhaltiger Produkte, und auch diese Mengen erfahren von Jahr zu Jahr eine immer größere Steigerung.

Die Frage ist nun, welche stickstoffhaltigen

Produkte stehen zur Verfügung der Landwirtschaft, resp. zur Weiterverarbeitung für die chemische Industrie?

Zunächst kommen hier in Betracht Abfallstoffe bewohnter Ortschaften, die Abfälle bei Tierhaltungen und vieler, organische Stoffe verarbeitenden Industrien, wie z. B. Brennereien, Zuckerfabriken usw. — Welche ungeheure Mengen stickstoffhaltiger Produkte mit den Abwässern und Abfällen großer Städte ungenutzt weggehen, ist schon wiederholt Gegenstand größerer Arbeiten gewesen. Ein Teil dieser Produkte wird ja heute wiederum der Landwirtschaft und Technik nutzbar gemacht. In noch höherem Maße ist dies der Fall mit den Abgängen von Tierhaltungen und der organische Stoffe verarbeitenden Betriebe. Die Art der Bindung des Stickstoffs in diesen Abgängen und namentlich die kolossale Verdünnung derselben, d. h. ihr geringer



Weltverbrauch an Chilesalpeter 1830—1905.

Fig. 1.

1. Einfuhr von Chilesalpeter nach den Vereinigten Staaten von Nordamerika:

1901	177 071 t
1902	183 052 t
1903	229 889 t
1904	239 964 t
1905	270 300 t

(nach dem Berichte von Montgomery & Co., London.)

Die Steigerung des Bedarfes an stickstoffhaltigen Düngemitteln wird noch durch den Umstand beeinflußt, daß überhaupt der Verbrauch an stickstoffbedürftigem Weizen mehr und mehr steigt. In den letzten 25 Jahren ist der Verbrauch desselben in Frankreich um 25%, in Belgien um 50%, in den skandinavischen Ländern um 100% gestiegen. Die Anzahl der Weizenbrotesser wurde im Jahre 1871

prozentualer Stickstoffgehalt beschränken aber ihre Anwendung stets nur auf einen geringen Umkreis. Eine Weiterverarbeitung auf konzentrierte Produkte, die auch gewinnbringend verfrachtet und verschifft werden können, ist aber bis jetzt in großem Maßstabe nicht gelungen, und die Folge davon ist, daß in Deutschland, wie überall, zur Deckung des Bedarfes an Stickstoff auf von der Natur gelieferte oder in den verschiedensten Industrien hergestellte, konzentrierte stickstoffhaltige Produkte zurückgegriffen werden mußte.

Dem Thema des vorliegenden Vortrages folgend, möchte ich nun untersuchen, in welcher Weise speziell Deutschland seinen Bedarf an Produkten, welche gebundenen Stickstoff enthalten, deckt. Deutschland besitzt keinerlei Mineralablagerungen, welche Stickstoff in gebundener Form enthalten, und sämtliche Stickstoffprodukte, welche in Deutschland erzeugt werden, und zur Verwendung als solche und als Ausgangsmaterial zur Herstellung anderweitiger Stickstoffverbindungen dienen, entstammen der organischen Welt. Eine ganze Reihe von Materialien organischen Ursprungs werden in Deutschland auf Produkte verarbeitet, welche Stickstoff in höherem oder geringerem Maße enthalten. Als solche Produkte sind zu nennen: Hornmehl, Knochenmehl, Blutmehl, Pudretten, Fischguano usw. Die hierbei gewonnenen Mengen sind nur schwer zu schätzen. Immerhin glaube ich, daß die in Tabelle 2, letzte Spalte, enthaltenen Zahlen, welche auf Grund landwirtschaftlicher Jahresberichte zusammengestellt sind, mehr oder weniger der Wirklichkeit entsprechen.

2. Erzeugung Deutschlands an Stickstoff in Form primärer Produkte.

	als			
	als	als	als	Hornmehl
	Blut- laugensalz	Ammonium- sulfat	Ammoniak- wasser	u. ähnliche Produkte
	t	t	t	t
1900	700	21 500	580	3 200
1901	760	26 500	720	3 300
1902	810	27 500	1 180	3 800
1903	1 020	28 500	1 630	4 000
1904	1 160	37 000	1 680	4 400
1905	1 230	38 500	2 425	4 900

Eine ausgiebige, ja fast einzige bedeutende Quelle zur Herstellung stickstoffhaltiger Produkte gibt für die deutsche Produktion die Steinkohle. Die Verarbeitung der Steinkohle geschieht in zweierlei Betrieben, den Gasfabriken und Kokereien. In beiden Fällen wird die Steinkohle der trockenen Destillation unterworfen, und werden hierbei Gase mit einem geringen Prozentsatz Ammoniak erhalten, welcher dem Stickstoff der Kohle entstammt. Außerdem enthält das Gas geringe Mengen Cyan, die in Form von Berliner Blau, resp. als Blutlaugensalz gewonnen werden.

Die Erzeugung von Ammonsulfat ist in Deutschland eine recht bedeutende. Sie ist in der Tabelle 3 zusammengestellt, und Sie ersehen hieraus, daß z. B. im Jahre 1905 in Deutschland 190 000 t Ammonsulfat hergestellt wurden, welche einen Gesamtwert von rund 46 Mill. M repräsentieren. Ein Teil des Ammoniaks wird direkt als Ammoniakwasser resp. Ammoniumcarbonat gewonnen.

3. Deutschlands Produktion an Ammonsulfat.

	in Gesamt t	in Kokereien t	in Gasanstalten t
1897	84 000	70 000	14 000
1898	98 000	84 000	14 000
1899	100 000	84 500	15 500
1900	105 000	88 500	16 500
1901	130 000	113 000	17 000
1902	135 000	117 000	18 000
1903	140 000	120 000	20 000
1904	173 000	152 000	21 000
1905	190 000	168 000	22 000

In Tabelle 2 sind diejenigen Stickstoffmengen zusammengestellt, welche in Deutschland in Form der primären Produkte erhalten werden, und zwar in Kolonne

- a) als Blutlaugensalz resp. Berliner Blau,
- b) als Ammoniumsulfat,
- c) als Ammoniakwasser,
- d) als Hornmehl resp. ähnliche Produkte,

wobei in dieser Zusammenstellung auch diejenigen, nicht wesentlichen Stickstoffmengen berücksichtigt sind, die dem Cyan aus anderen Betrieben, z. B. demjenigen der Schlempeverarbeitung entstammen.

Wie Sie sehen, sind die in Deutschland produzierten Stickstoffmengen sehr stattliche. Sie sind aber weit entfernt davon, den Bedarf Deutschlands zu decken. Vielmehr ist Deutschland gezwungen, große Werte an das Ausland für die Beschaffung stickstoffhaltiger Produkte abzugeben.

Als Einfuhrprodukt kommt hauptsächlich in erster Reihe der Chilesalpeter in Frage, mit dessen Import, wie ich eingangs meines Vortrages erwähnte, bereits 1830 begonnen wurde. In Tabelle 4 sind diejenigen Mengen Salpeter, nach Menge und Wert, zusammengestellt, welche in Deutschland verbraucht werden, und die aus der Differenz zwischen Ein- und Ausfuhr dieses Artikels erhalten worden sind.

4. Deutschlands Salpeterverbrauch.

1893	351 168 t	im Werte von	62,964	Mill. M
1894	390 344 t	"	65,932	"
1895	446 577 t	"	68,225	"
1896	439 950 t	"	65,765	"
1897	454 029 t	"	65,622	"
1898	412 170 t	"	59,507	"
1899	513 034 t	"	75,429	"
1900	470 386 t	"	75,120	"
1901	516 088 t	"	87,601	"
1902	452 287 t	"	79,003	"
1903	449 547 t	"	79,707	"
1904	485 097 t	"	94,489	"
1905	571 140 t	"	113,373	"

Neben diesen hauptsächlichsten stickstoffhaltigen Produkten verbraucht Deutschland noch große Mengen im Auslande erzeugten Ammonsulfats, wie aus Tabelle Nr. 5 ersichtlich ist, und von weiteren stickstoffhaltigen Stoffen noch große Mengen Guano, wie Tabelle 6 erweist.

²⁾ Berechnet nach den Einheitswerten pro 1904.

5. Verbrauch Deutschlands an ausländischem Ammonsulfat.

1893	42 174 t	im Werte von 10,122 Mill. M
1894	36 309 t	9,439 " "
1895	27 867 t	6,131 " "
1896	29 860 t	5,375 " "
1897	30 492 t	4,878 " "
1898	26 172 t	4,449 " "
1899	27 315 t	5,463 " "
1900	20 674 t	4,342 " "
1901	34 866 t	7,605 " "
1902	36 508 t	8,397 " "
1903	29 576 t	7,098 " "
1904	24 469 t	6,117 " "
1905	20 106 t	5,107 " " ³⁾

6. Verbrauch Deutschlands an Guano.

1893	45 963 t	7,391 Mill. M
1894	43 882 t	6,848 " "
1895	37 431 t	5,021 " "
1896	36 520 t	4,419 " "
1897	38 943 t	4,201 " "
1898	47 916 t	4,633 " "
1899	50 147 t	5,302 " "
1900	37 450 t	3,012 " "
1901	47 775 t	4,906 " "
1902	49 832 t	5,013 " "
1903	51 264 t	5,786 " "
1904	55 017 t	6,011 " "
1905	57 013 t	6,716 " "

Tabelle 7 zeigt eine Zusammenstellung derjenigen Stickstoffmengen, die nach Deutschland in Form der genannten Produkte importiert und hier verbraucht werden. Außerdem importiert aber Deutschland auch noch große Mengen an Kalisalpeter, Blutlaugensalz, Berliner Blau, Salpetersäure, kaustischem und kohlensaurem Ammonium, Salmiak und chemischen stickstoffhaltigen Präparaten. Da aber die Ausfuhr in diesen Artikeln größer ist als die Einfuhr, so können die hier in Betracht kommenden importierten Stickstoffmengen nicht als eigentlicher Verbrauch Deutschlands angesehen werden.

7. Deutschlands Einfuhr an Stickstoff.

	als Chilesalpeter	als Ammonsulfat	als Guano
	t	t	t
	rund	rund	rund
1893	52 500	8 500	3 200
1894	58 500	7 300	3 000
1895	67 000	5 500	2 600
1896	66 000	5 900	2 550
1897	68 000	6 100	2 700
1898	62 000	5 300	3 400
1899	77 000	5 500	3 600
1900	70 500	4 200	2 600
1901	77 000	6 900	3 400
1902	68 000	7 300	3 500
1903	67 500	5 900	3 700
1904	72 500	4 900	3 900
1905	84 200	4 100	4 100

³⁾ Berechnet nach den Einheitswerten pro 1904.

Tabelle VII enthält eine Zusammenstellung des Gesamtverbrauchs Deutschlands an gebundenem Stickstoff in Form primärer, stickstoffhaltiger Produkte.

8. Deutschlands Gesamtverbrauch an Stickstoff.

1900	108 000 t
1901	125 000 t
1902	120 000 t
1903	120 000 t
1904	135 000 t
1905	150 000 t

Wie Sie sehen, sind es gewaltige Zahlen, die hier in Betracht kommen, und aus denen ersichtlich ist, daß sie fortdauernd eine Steigerung erfahren; im Durchschnitt der letzten 6 Jahre betrug Deutschlands Mehrverbrauch an Stickstoff in Form primärer stickstoffhaltiger Produkte 8000 t pro Jahr. Im Durchschnitt der letzten 3 Jahre betrug der Mehrverbrauch jährlich 10 000 t, und den beiden letzten Jahre 15 000 t pro Jahr. Bei einem durchschnittlichen Preise von 1,20 M per kg Stickstoff ist ersichtlich, daß Deutschlands Mehrverbrauch an Stickstoff jährlich rund 12 Mill. M ausmacht.

Es entsteht nun die Frage, ob es möglich ist, einen Teil der großen Summe, welcher jährlich für Stickstoff in das Ausland wandert, durch einheimische Produktion zu ersetzen, oder aber zum mindesten die jährliche Steigerung des Stickstoffkonsums durch eigene Produktion zu decken.

Wir haben gesehen, daß die einheimische Produktion nur eine geringe ist, daß der meiste Bedarf durch Einfuhr gedeckt wird. Ich will hier nicht auf die Frage eingehen, ob das Hauptmaterial der Einfuhr, der Chilesalpeter, der Gefahr der Erschöpfung seiner Lagerstätten wirklich so nahe gerückt ist, wie dies von manchen Seiten angenommen wird. Ich will auch nicht auf die oft aufgetretene Behauptung eingehen, daß Salpeter zum mindesten in bezug auf besondere Verwendungsweise überhaupt nicht zu ersetzen ist. Ich will nur betonen, daß prinzipiell die Deckung des Stickstoffbedarfs, speziell für landwirtschaftliche Zwecke, durch jedes einzelne verwertbare Stickstoffdüngemittel erfolgen kann, und daß aussichtsvolle Verfahren zur Überführung von Ammoniak in Salpeter bestehen; ich will deshalb nur die Frage diskutieren, ob und inwieweit der Stickstoffbedarf von der deutschen Industrie gedeckt werden kann, und in diesem Zusammenhange über eine Reihe eigener Arbeiten auf diesem Gebiete berichten.

Als einzige bedeutende einheimische Quelle der Stickstofffabrikation besteht heute lediglich die als Nebenproduktion der Kohlendestillation erfolgende Fabrikation von schwefelsaurem Ammoniak.

Es ist deshalb die Frage aufzuwerfen, ob durch die Industrien, in denen Ammonsulfat erzeugt wird, nämlich die Gasfabriken und Kokereien, eine Steigerung an Produktion in diesem Artikel erfolgen kann. In beiden Fällen ist ja das Ammoniak nur ein Nebenprodukt, und eine Vergrößerung der erhältlichen Ammoniakmengen kann nur dann eintreten, wenn eine Vergrößerung bei der Herstellung der Hauptprodukte, nämlich Steinkohlengas und Koks erfolgt.

Bei der Leuchtgasfabrikation ist eine Steigerung nicht, resp. nur unwesentlich zu erwarten. Die Gasanstalten besitzen alle, soweit dies möglich ist, Vorrichtungen zur Herstellung von Ammoniak- resp. Ammonsulfat. Eine Vergrößerung der Leuchtgasproduktion in nennenswertem Umfange findet jetzt hauptsächlich dadurch statt, daß die Kohle nicht mehr trocken destilliert, sondern daß Koks durch teilweises Verbrennen und sodann Überleiten von Wasserdampf in heizkräftiges Wassergas umgewandelt wird, wobei der Stickstoff der Steinkohle nicht als Ammoniak erhalten wird, so daß die Vergrößerung der Leuchtgasindustrie keine Vergrößerung der Ammoniakproduktion mit sich bringt. Einen Mehrertrag kann nur die Koksinustrie liefern.

9. Deutschlands Koksproduktion in Kokereien und Roheisenerzeugung.

1900	14 900 000 t	8 521 000 t
1901	13 900 000 t	7 888 000 t
1902	14 000 000 t	8 530 000 t
1903	15 500 000 t	10 018 000 t
1904	16 000 000 t	10 058 000 t
1905	16 800 000 t	10 987 000 t

In der Tabelle 3 sind diejenigen Mengen Ammonsulfat enthalten, welche in den Kokereien erhalten werden. In Tabelle 9 sind die in Deutschland im Laufe der letzten 6 Jahre produzierten Koksmengen zusammengestellt. Die Koksproduktion ist abhängig in erster Reihe von der Roheisenproduktion, wie dies eine Gegenüberstellung der diesbezüglichen Mengen, die gleichfalls in Tabelle 9 enthalten ist, erweist. Wir sehen hieraus, daß die Koksproduktion im Durchschnitt der letzten 6 Jahre um 320 000 t, im Durchschnitt der letzten 3 Jahre um 430 000 t gestiegen ist. Wenn nun unter der Annahme, daß die jährliche Koksproduktionssteigerung in jedem Jahr größer wird, dieselbe 500 000 t beträgt, so kommen wir zu dem Resultat, daß, um diese 500 000 t Koks zu erhalten, rund 700 000 t Kohle verkocht werden müssen, und daß diese 700 000 t Kohle entsprechend der durchschnittlichen Ausbeute an Ammoniumsulfat 7000 t Ammoniumsulfat als Nebenprodukt bei der Verkoksung liefern können, d. h. durch die reguläre Steigerung der Koksproduktion kann eine jährliche Steigerung der durch die Kokereien gelieferten Stickstoffmengen um 1470 t erfolgen, während der Bedarf Deutschlands jährlich um 15 000 t Stickstoff steigt. — Allerdings muß hierbei in Betracht gezogen werden, daß heute nicht aller Koks in sogenannten Teeröfen, d. h. in Öfen mit Gewinnung von Nebenprodukten hergestellt wird. Ziehen wir das Jahr 1905 in Betracht, so sehen wir, daß während desselben 16 800 000 t Koks erzeugt worden sind. Zur Erzeugung dieser Koksmenge sind aber bei einem durchschnittlichen Koksausbringen von 72% 26 000 000 t Kohle erforderlich. — Nun befindet sich unter dieser Kohle ein Teil solcher Sorten, welche in Öfen zur Gewinnung von Nebenprodukten überhaupt nicht verarbeitet werden können, sei es, weil die Menge der flüchtigen Bestandteile zu gering ist, sei es, weil die Kohle beim Kokereiprozeß eine so starke Dehnung zeigt, daß eine De-

formierung der geschlossenen Öfen stattfindet, oder aber, daß diese Kohle nur in Öfen ohne Nebenproduktgewinnung einen guten harten Koks gibt. Nach meiner Kenntnis der auf Koks verarbeiteten Kohle glaube ich, daß es nicht zuviel ist, wenn ich die Menge der Kohle, die in Öfen mit Nebenproduktgewinnung nicht verarbeitet werden kann, auf 3 000 000 t pro Jahr schätze. Es blieben demnach im Jahre 1905 23 000 000 t Kohle, welche in Öfen mit Nebenproduktgewinnung verkocht werden könnten. Würde dies geschehen, so könnten aus dieser Kohle 230 000 t Ammonsulfat gewonnen werden, während tatsächlich 168 000 t hergestellt wurden. — Durch den Umbau der noch jetzt im Betriebe befindlichen Öfen ohne Nebenproduktgewinnung in solche mit Nebenproduktgewinnung könnte eine einmalige Steigerung der Ammonsulfatproduktion durch die Kokereien um 60 000 t erfolgen. Abgesehen davon, daß ein solcher Umbau die Investierung eines Kapitals von rund 100 Mill. M erfordern würde, würde auch diese Produktionssteigerung lediglich ausreichen, um den Mehrbedarf eines Jahres an Stickstoff zu decken, keinesfalls, um den Bedarf an ausländischem Stickstoff zu ersetzen oder den fortdauernden Mehrbedarf an Stickstoff zu liefern; denn diese 60 000 t Ammonsulfat entsprechen einer Stickstoffmenge von 12 000 t, während die jährliche Konsumsteigerung an Stickstoff 15 000 t beträgt.

Wie wir sehen, kann auf Basis der jetzt in Deutschland bestehenden Industrien zur Gewinnung des Stickstoffs der Steinkohlen in Form von Ammoniak keine Steigerung der Produktion erlangt werden, welche imstande wäre, den Mehrbedarf zu decken oder etwa Deutschland von dem ausländischen Einfluß unabhängig zu machen. — Eine gewisse Steigerung in dieser Beziehung ist zu erwarten, wenn durch eine Umänderung der bestehenden Generatorgassysteme eine bessere Ausnutzung des Stickstoffgehalts der Kohle ermöglicht wird.

In den Kokereien und Gasanstalten wird nämlich nur etwa 25% des in der Kohle enthaltenen Stickstoffs in Ammoniak umgewandelt. In diesen Betrieben wird die Kohle unter Luftsabschluß entgast, wobei ein fester, gasfreier Rückstand, der Koks, verbleibt, welcher ca. 80% der Heizenergie der Kohle enthält. Erfolgt eine Ausnutzung der Heizenergie der Kohle in der Weise, daß die Kohle nicht nur entgast, sondern, sei es durch Luftzuführung als Generatorgas, durch Wasserdampf als Wassergas oder durch Luft- und Wasserdampf als Halbwassergas vergast wird, so erhält man die ganze brauchbare Kohlensubstanz in Form von Gas. Dr. Ludwig Mond - London hat nun gefunden, daß, wenn der Vergasungsprozeß so geführt wird, daß ein Teil der Kohle zum Zwecke der Erzeugung der nötigen Temperatur verbrannt, der größte Teil aber durch Wasserdampf zersetzt, d. h. der glühenden Kohle ein Gemenge von Luft und Wasserdampf übergeschüttet wird, so erhält man, wenn besondere Maßnahmen bei der Ausführung des Prozesses angewendet werden, große Mengen Heizgases und fast den ganzen Stickstoff der Kohle in Form von Ammoniak. Anlagen, welche nach diesem System in England und im Auslande erbaut worden sind, sogenannte Mondgasanlagen, haben sich ausgezeichnet be-

währt. Zwar ist das nach diesem Verfahren erhaltene Gas nicht besonders heizkräftig, es gibt pro cbm 1100—1200 Kal., aber seine Menge beträgt per Tonne Kohle 3200—3500 cbm und ist, entsprechende Feuerungen vorausgesetzt, seine Anwendung für alle Zwecke ermöglicht worden. Nicht nur werden damit Salzpfannen, Ätzatronkessel usw. geheizt, sondern es ist auch für die hohe Temperatur der Stahlschmelzung und bei Emaillieröfen mit großem Erfolg angewendet worden. Besonders gut hat sich das Gas zum Betriebe von Gasmaschinen bewährt, denn es macht, zwecks Ammoniakentziehung, einen sehr weitgehenden Reinigungsprozeß durch, was eine große Schonung der Gasmaschinen zur Folge hat. Ich habe selbst Crossley'sche Maschinen von 500—750 HP. gesehen, die monatelang, im Durchschnitte 8 Monate, ohne jede Reinigung usw. liefen. Was aber den Mond-Gasprozeß besonders wertvoll macht, ist der Umstand, daß bei demselben pro Tonne Kohle im Durchschnitt 40—50 kg Sulfat erhalten werden, gegenüber 10—12 kg bei dem Kokereiprozesse.

Durch diese Ammoniakausbeute werden die Kohlekosten bei Krafterzeugung um den Betrag von 4—5 M per Tonne verbilligt, so daß die Anwendung dieses Prozesses stets dort lohnend erscheint, wo größere Kohlemengen (nicht unter 40 t pro Tag) für Heiz- resp. Kraftzwecke verwendet werden, wobei, was noch nebenbei gesagt werden soll, ein vollständig rußfreier Betrieb erzielt wird. In England ist die Anwendung des Mond-Gasprozesses ziemlich verbreitet, es werden dort jetzt über 1 000 000 t Kohlen jährlich nach diesem Prozeß vergast, und welchen Einfluß dies auf die Ammoniumsulfatproduktion ausübt, ist aus den Angaben der Tabelle 10 ersichtlich, welche die englische Sulfatproduktion enthält und in der letzten Spalte die Zunahme aus dem Betriebe der Vergasungsanstalten aufweist. (Nach den Berichten von Bradbury and Hirsch, Liverpool.)

10. England's Produktion an Ammonsulfat.

	1900	1901	1902
Gasanstalten	142 000	143 000	150 000
Eisenhütten	17 000	16 500	18 500
Schwelereien	37 000	40 000	37 000
Kokereien u. Vergasungsanlagen	17 000	18 000	23 500
	213 000	217 500	229 000
	1903	1904	1905
Gasanstalten	150 000	150 000	151 500
Eisenhütten	19 000	19 500	20 500
Schwelereien	37 500	42 500	43 000
Kokereien u. Vergasungsanlagen	27 500	33 500	42 500
	234 000	245 000	257 500

Daß dieser Prozeß in Deutschland bis jetzt keine Anwendung gefunden hat, liegt an den eigenständlichen bei uns herrschenden Verhältnissen. Die Ausnutzung der Kohle nach diesem Verfahren ist nur dann möglich, wenn an Ort und Stelle auch die Verwendung für die ganze Heizenergie der Kohle vorhanden ist, denn diese wird hierbei nur in Form

von Gas erhalten, das nicht oder nur auf relativ kurze Strecken transportiert werden kann. — Die Hauptverbrauchscentren für Steinkohle sind bei uns die Kohlenindustriebezirke. In diesen herrscht durch die vorhandenen Kokereien, Hochöfen, Hüttenanlagen usw. kein Mangel an Kraftüberschüssen in Gasform, welcher den Kraftbedarf wohl zu decken in der Lage ist. Im übrigen Deutschland wird aber im großen Maßstabe, zum mindesten als Hilfsheizung Braunkohle verwendet, welche in seltensten Fällen, infolge niedrigen Stickstoffgehaltes, für die Ausnutzung nach dem Mondprozeß mit Ammoniakgewinnung geeignet ist.

Die intensive Einführung der Elektrizität in Gruben und Hüttenbetrieben, ferner die großartige Zentralisierung von Elektrizitätsanlagen, wie sie z. B. jetzt in Rheinland-Westfalen getrieben wird, hat nunmehr auch in Deutschland die Wege für den Mondgasprozeß geebnet. Wie ich Ihnen schon sagte, ist das Mondgas besonders gut zum Betriebe von Gasmaschinen geeignet und ist hierdurch, in Verbindung mit der durch die Gewinnung von Ammoniumsulfat erhaltenen Betriebsparnis, die Möglichkeit einer rationellen Erzeugung von Elektrizität gegeben. — Dieses ist n. a. von besonderer Wichtigkeit für Magerkohlenzechen, welche keine Kokereien haben und deshalb über keinen Gaskraftüberschuß verfügen. — Es hat sich jetzt unter Leitung des bekannten rheinischen Großindustriellen Carl Wahlen in Köln eine deutsche Gesellschaft gebildet, welche die Einführung des Mondschen Verfahrens in Deutschland sich zur Aufgabe gestellt hat, so daß eine Vergrößerung der deutschen Ammonsulfatproduktion aus dieser Industrie zu erwarten ist.

Der Mondgasprozeß gibt die Möglichkeit, noch in einer anderen Weise zur Steigerung der deutschen Stickstoffproduktion beizutragen.

Zu den lästigen Nebenprodukten der Zechenbetriebe gehören die sogenannten Klau-, Lese- und Waschberge, d. h. diejenigen Abfälle, welche beim Reinigen der Kohle von dem anhaftenden Gebirge durch Auslesen und Waschen sich bilden. Diese Abfälle enthalten im Durchschnitt 30—35% Kohle und sind deshalb sehr lästig, weil sie, infolge des hohen Aschengehaltes weder verbrannt, noch vergast werden können, in den Grubenbetrieben zum Grubensatz aber nicht angewendet werden können, weil sie, infolge Gehaltes an Pyriten, leicht zur Entzündung neigen. Es bleibt nichts anderes übrig, als diese Abfälle auf die Halde zu bringen, wo sie langsam durchschweelen, wonach der ausgebrannte Rest in die Grube gebracht werden kann.

Ich habe nun festgestellt, daß diese Abfälle merkwürdigerweise mehr Stickstoff enthalten, als dies dem Gehalte an Kohle derselben entspricht. Z. B. enthält die Kohle der Grube von Mont Conis in Sodingen (Westfalen) im Durchschnitt 1,1 bis 1,2% Stickstoff. Die Berge aber, welche 30% Kohle enthalten, haben im Durchschnitt 0,9—0,93% Stickstoff, während der Stickstoffgehalt, falls er nur dem Kohlengehalte zu verdanken wäre, 0,3% betragen dürfte.

Ich habe ferner festgestellt, daß diese Wäscheberge usw. sowohl in Kammeröfen mit Außenheizung, als auch in Mondschen Generatoren bei Zuführung eines Dampfüberschusses und Wahrung

besonderer Maßnahmen sich schlackenfrei verarbeiten lassen und eine ausgezeichnete Ammoniakausbeute, im Kammerofen bei 35 kg, in Generatoren bei 25 kg, Sulfat pro Tonne Einsatz ergeben.

Hierbei wird so viel Gas von 1000—1110 Kal. Heizwert erhalten, daß damit nicht nur der zum Betriebe der Öfen, der Einkochung der Ammoniumsulfatlauge usw. nötige Dampf erzeugt wird, sondern daß noch pro Tonne Einsatz ca. 500—600 cbm Gasüberschuß zur Verfügung bleiben; daneben werden noch erhebliche Teermengen erhalten. Die erhaltenen ausgeschweelten Rückstände brauchen nicht auf die Halde gefahren zu werden, sondern können direkt zum Bergversatz Anwendung finden. Der eben mitgeteilte Prozeß ist im Dauerbetriebe ausprobiert worden und kommt jetzt zur Anwendung im großen Maßstabe auf einer Zeche in Westfalen.

Das Verfahren zur Vergasung von Wäschebergen ist von hoher wirtschaftlicher Bedeutung für alle Zechenbetriebe, speziell wiederum für Magerkohlenzechen. Hier ist die Möglichkeit gegeben, solche Magerkohlen zu verarbeiten, die, sei es infolge ihrer pulverförmigen Beschaffenheit, sei es infolge hohen Aschegehaltes zum Verkaufe sich nicht eignen. Das Verfahren gibt nicht nur die Möglichkeit, diese Materialien rentabel zu verwerten, sondern auch große Mengen Kraftgas zu erhalten, deshalb auch die Bergwerksbetriebe vorteilhaft zu elektrisieren. Es besteht kein Zweifel, daß der erwähnte Prozeß eine Steigerung der Ammoniumsulfatproduktion bewirken wird.

Der Mondgasprozeß gibt aber auch noch die Möglichkeit zur ökonomischen Ausnutzung von Torf. Prof. Frank - Charlottenburg hat schon seit Jahren darauf hingewiesen, daß eine rationelle Kultivierung der Moore dadurch erfolgen kann, daß aller abgehobene, haldentrockene Torf für Kraftzwecke in Generatoren vergast wird. Die Ausführung des weit-sichtigen Frank'schen Projektes, auf welches ich nur kurz hinweisen kann, ohne auf dessen Einzelheiten einzugehen, scheiterte bis jetzt an dem Umstande, daß in den betreffenden Moorgebieten kein sofortiger Kraftbedarf vorhanden war, wenn auch ein solcher, mit zunehmender Kolonisation zweifellos zu erwarten gewesen ist. Wendet man nun bei dem Frank'schen System der Kraftgaserzeugung aus Mooren das Mond'sche Verfahren an, so erhält man, falls der Stickstoffgehalt des Torfes nicht unter 1% sinkt, so viel Ammoniumsulfat, daß hierdurch die Kosten der Verarbeitung gedeckt werden und die Verwendung der Kraft, welche ungemein billig zu stehen kommt, dem jeweiligen Bedarfe entsprechend gerichtet werden kann.

Versuche welche mit schottischen Mooren ausgeführt wurden, ergaben ausgezeichnete Resultate bei der Ammoniakgewinnung aus haldentrockenem Torf, so daß diese Kombination der Ammoniakgewinnung nach Mond mit dem Frank'schen Verfahren zur Erzeugung von Kraftgas aus haldentrockenem Torf Aussicht hat, eine Lösung der Moorfrage in Deutschland herbeizuführen und zur Steigerung der Ammoniakproduktion beizutragen. Diese Kombination wird in allernächster Zeit von Prof. Frank und mir in einer im Bau begriffenen Anlage zur Durchführung im Großen gelangen.

Neben Torf ist es ein anderer Vorläufer unserer Kohlelagerstätten, der berufen ist, zur Deckung des

deutschen Stickstoffbedarfes teilweise beizutragen. Dieses Material ist unter dem Namen „Ludwigshofer Schlick“ schon seit längerer Zeit bekannt. In Vorpommern, in der Nähe der Warper Bucht, befindet sich ein verlandeter Binnensee, welcher mit einer stellenweise bis 12 m dicken Schicht einer nassen, nur 6% Trockensubstanz enthaltenden und dennoch steifen, zusammenhängenden Masse (Schlick genannt), ausgefüllt ist.

Über die Natur dieses Schlicks war man sich lange nicht im klaren. Prof. Krämer, welcher ihn vor langer Zeit untersuchte, glaubte, daß der selbe eine Ansammlung von Grünalgen repräsentiere; erst neue Untersuchungen von Prof. Potonié haben ergeben, daß diese Annahme unrichtig ist, daß vielmehr hier eine Ansammlung von Resten, wesentlich von Wassertieren (insbesondere von Krustaceen) und Wasserpflanzen vorliegt, welche unter dem Druck der Verladungsdecke und der Sandbeschüttung einen typischen Lebertorf bildeten. Während der gewöhnliche Torf unter sogenannten Vertorfungsbedingungen entsteht, nämlich zunächst bei Gegenwart von Sauerstoff, dann unter Abschluß von Sauerstoff, zunächst bei Gegenwart von Feuchtigkeit, sodann unter stagnierendem Wasser, bildet sich der Lebertorf lediglich bei Abschluß von Sauerstoff und im stagnierenden Wasser, d. h. er verdankt seine Entstehung einem Fäulnisprozeß und ist demnach eigentlicher Faulschlamm.

Prof. Potonié hat nun nachgewiesen, daß die organogene Zusammensetzung des in Rede stehenden Faulschlamms durchaus derjenigen der sogenannten Kannel- und Bogheadkohlen gleiche, so daß es sich hier entschieden um eine Bildung des Urmaterials jener paläozoischen Öl- und Gaskohlen, also um ein autochtones Sapropel handelt; es wurde festgestellt, daß dieser Faulschlamm, wenn auch nicht derartig stickstoffhaltig, wie der Ludwigshofer, welcher bis zu 4% Stickstoff enthält, sich auch in vielen anderen Teilen Deutschlands befindet, so daß in diesem Schlamme ein Material vorliegt, welches geeignet ist, größere Mengen Ammoniak zu liefern.

Es hat sich nämlich gezeigt, daß die Verarbeitung dieses Schlicks auf Ammoniak in rentabler Weise durchführbar ist. Dr. H. Krey-Webau, unser verehrtes Vorstandsmitglied, hat zuerst auf diese heimische Stelle der Stickstoffgewinnung hingewiesen und hat auch gleichzeitig das System angegeben, nach welchem es möglich ist, den Stickstoffgehalt des Faulschlamms in Form von Ammoniak zu erhalten. Er hat festgestellt, daß der Stickstoff des Schlicks in Form von Ammoniak quantitativ gewonnen werden kann, wenn man den Schlick unter Luftabschluß, jedoch unter Zuführung geringer Mengen von Wasserdampf ($1/2$ —1 t auf eine Tonne Trockenschlick) in geeigneten Öfen durchführt.

In gemeinsamer Arbeit mit Herrn Dr. Krey und Dr. H. Gobbel, dem Leiter der Ludwigshofer Anlage, habe ich diejenigen Bedingungen festgestellt, unter denen die günstigsten technischen Resultate erzielt werden. Hierbei habe ich gefunden, daß ein etwas modifizierter Mondgasprozeß auch bei der Verarbeitung von Faulschlamm mit Vorteil Anwendung finden kann, während ursprünglich nur Kammeröfen verwendet wurden.

Die Ausnutzung des Ludwigshofer Faulschlamm-lagers erfolgt fabrikatorisch und soll im nächsten

Jahre wesentlich auf eine Produktion von 10 t Sulfat täglich ausgedehnt werden.

Wie Sie sehen, ist für die Zukunft eine Steigerung der deutschen Erzeugung an stickstoffhaltigen Produkten durch eine rationellere Ausnutzung des Stickstofftors der Kohle und ihrer Vorläufer (Torf, Faulschlamm) sowie Abfälle, Wäscheberge usw., zu erwarten. Eine gesteigerte Deckung des heimischen Stickstoffgehaltes wird auch durch rationellere Methoden der Ausnutzung der Abgänge landwirtschaftlicher Betriebe und bewohnter Ortschaften bewirkt werden. Mit der Einführung intensiver Bewirtschaftung, gesteigerter Viehhaltung, rationeller Verwendung von Gründung, werden zweifellos große Stickstoffbeträge gedeckt werden können. Speziell auf dem Gebiete der Verwertung städtischer Abfälle, die, wie Prof. R a m s a y auf dem letzten Internationalen Kongresse für angewandte Chemie, und Geheimrat H e m p e l in der letzten Hauptversamm-

Trockensubstanz rund 100 kg Ammoniumsulfat neben so viel Gas gewonnen, daß nicht nur der Bedarf des eigenen Betriebes gedeckt, sondern pro Tonne noch 10—12 HP. Kraft erhalten werden. Dieser Gas- resp. Kraftüberschuß gibt die Möglichkeit, die erhaltenen flüssigen Abgänge, z. B. nach dem Ozonverfahren von Siemens & Halske, zu sterilisieren, ehe sie in öffentliche Flußläufe gelangen.

Neben der Ausnutzung des in natürlichen Produkten bereits fixierten Stickstoffs beschäftigt die Techniker seit langer Zeit das Problem, den atmosphärischen Stickstoff in verwendbarer Form zu fixieren, jedoch erst in letzter Zeit ist dessen Lösung geglückt, und damit eine wichtige Aufgabe der Stickstoffbeschaffung erfolgt. Denn während alle die bisher besprochenen Methoden der Darstellung stickstoffhaltiger Produkte den Umstand gemeinsam haben, daß sie stets mit der Gewinnung eines anderen Produktes verbunden, demnach örtlich und

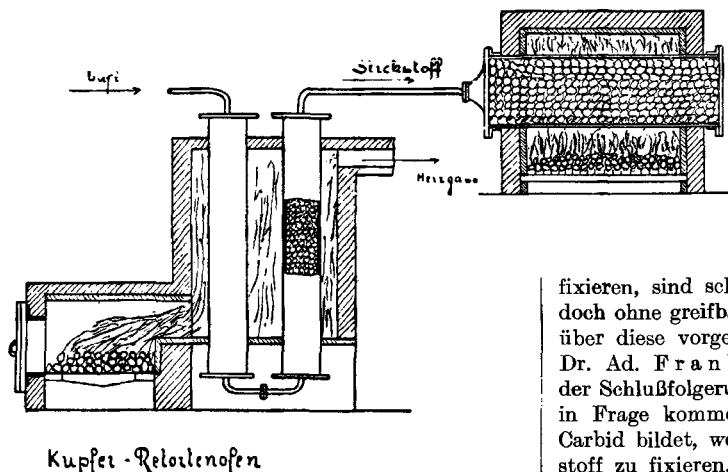
zeitlich beschränkt sind, bietet die Darstellung der stickstoffhaltigen Produkte aus der Luft den Vorteil, daß das Rohmaterial stets und überall gleichmäßig vorhanden ist. Welche Bedeutung dies hat, erhellt aus dem Umstände, daß über einen ha Erdbodenfläche ca. 79 000 t Stickstoff vorhanden ist, d. h. über die Hälfte des heutigen deutschen Bedarfs.

Versuche, den atmosphärischen Stickstoff zu

fixieren, sind schon vielfach gemacht worden, jedoch ohne greifbaren Erfolg. Eine kritische Studie über diese vorgenommenen Versuche haben Prof. Dr. Ad. F r a n k - Charlottenburg und mich⁴⁾ zu der Schlußfolgerung veranlaßt, daß bei den hierbei in Frage kommenden Prozessen sich intermediär Carbid bildet, welches an sich imstande ist, Stickstoff zu fixieren.

Gemeinsam von F r a n k und mir ausgeführte Untersuchungen haben diese Vermutung bestätigt; wir haben festgestellt, daß Stickstoff, über Carbide geleitet, von denselben quantitativ aufgenommen wird, und haben dadurch zum ersten Male den praktisch gangbaren Weg gezeigt, den atmosphärischen Stickstoff nutzbar zu verwerten. Die technischen Maßnahmen zur Ausnutzung dieses Verfahrens gelangten von der gemeinsam mit den Firmen Siemens & Halske, A.-G., und der Deutschen Bank in Berlin gegründeten Cyanidgesellschaft, und zwar unter tatkräftiger Mitarbeit der Herren Dr. E r l w e i n , Dr. F r a n k j r. und V o i g t zur Ausführung, und heute nimmt das von F r a n k und mir angegebene Verfahren zur Bildung atmosphärischen Stickstoffs einen festen Platz in der Reihe der chemischen Industrien ein. Das Verfahren besteht darin, daß Carbide der alkalischen Erden bei einer die sichtbare Glut übersteigenden Temperatur mit Stickstoff behandelt werden, der aus Luft herge-

Azolierungs-Ofen mit Retorte zur Herstellung von Kalkstickstoff.



Kupfer-Retortenofen

Fig. 2.

lung der Bunsengesellschaft besonders hervorgehoben haben, große Stickstoffmengen enthalten, ist eine Reihe von Verbesserungen zu verzeichnen. Die meisten Arbeiten auf diesem Gebiete richten sich jedoch, als Folge des geringfügigen Prozentgehaltes der Abgänge an Stickstoff und der Unmöglichkeit, dieselben zu transportieren auf Bestrebungen, diese Abgänge in möglichst geringem Umkreise zu verwerten. Ich habe nun im Anschluß an meine Arbeit über Vergasung der Wäscheberge, Schlick usw. gemeinsam mit Dr. E r l w e i n , dem Chefchemiker der Fa. Siemens & Halske, A.-G., Berlin, ein Verfahren zur Verwertung von Abfallstoffen bewohnter Ortschaften ausgearbeitet, welches anstrebt, diesen Mangel zu beseitigen. Das Verfahren besteht darin, daß diese Abgänge mittels des bekannten Kohlebreverfahrens mechanisch in feste und flüssige Teile getrennt werden. Der erhaltene feste Preßkuchen mit ca. 45% Wasser, welcher, trocken 60% Kohle und ca. 3% Stickstoff enthält, wird nach demselben Verfahren, wie bei Anwendung von Wäschebergen, vergast, und hierbei pro Tonne

⁴⁾ Vgl. N. C a r o , Die synthetischen Methoden der Cyankaliumfabrikation, Chemische Industrie 1895. Heft 12 u. 13.

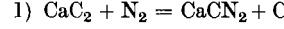
stellt wird. Fig. 2 zeigt schematisch eine solche Anlage.

Die Reaktion ist eine exothermische, es tritt eine starke Temperaturerhöhung ein, welche bewirkt, daß, wenn die Reaktion eine Zeitlang angedauert hat, eine Stickstoffaufnahme auch ohne weitere äußere Erhitzung bis zur totalen Zersetzung des Carbides stattfindet.

Der Verlauf der Reaktion ist ein verschiedener, je nach der Natur des angewendeten Carbides bzw. der angewendeten Temperaturen. Als Hauptprodukte der Reaktion entstehen die Erdalkalialze des Cyanamids, z. B. Calciumcyanamid, CaCN_2 , und die normalen Cyanide. Welches von diesen Produkten überwiegt, richtet sich nach deren Beständigkeit; bei Anwendung von Calciumcarbid und der dabei herrschenden Reaktionstemperatur, d. h. nicht der Temperatur, bei welcher die Reaktion beginnt, sondern derjenigen, welche während der Einwirkung entsteht, bildet sich fast ausschließlich Calciumcyanamid, bei niedriger Temperatur bzw. Mischung mit Zusätzen, welche die Temperatursteigerung behindern, auch Cyanid.

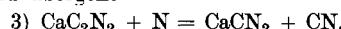
Baryumcarbid gibt bei Temperaturen, bei denen die Einwirkung des Stickstoffs anfängt, Cyanid neben Cyanamid, bei etwas gesteigerter Temperatur vorzugsweise Cyanamid, bei sehr hohen Temperaturen, z. B. in elektrischen Öfen, fast ausschließlich Cyanid.

Der Verlauf der Reaktion ist nicht absolut geklärt. Es kann angenommen werden, daß die Bildung des Cyanamids primär nach der Gleichung



erfolgt; es ist aber auch die Annahme berechtigt, daß sich primär Cyanid bildet.

2) $\text{CaC}_2 + \text{N}_2 = \text{CaC}_2\text{N}_2$, und dieses unter dem Einfluß des Stickstoffs in Cyanamid übergeht



Es ist wahrscheinlich, daß beide Reaktionen, je nach den herrschenden Temperaturen, nebeneinander verlaufen, denn die Reaktionsprodukte aus Carbid und Stickstoff enthalten oft mehr als 100% des nach Gleichung 1 möglichen Stickstoffs und außerdem stickstoffhaltige Kohle (Paracyan).

Für die Industrie der Stickstofffixierung durch Carbide war der Umstand von Wichtigkeit, daß, wie sich bei Arbeiten mit Calciumcarbid erwies, an denen Herr Dr. Freudenberg tätig waren, der Anteil genommen hat, das mit diesem erhaltenen Produkt gar keine oder nur Spuren von Cyanid aufwies, eine Folge der leichten Zersetzung des Calciumcyanamids. Das erhaltene cyanfreie Produkt wurde nämlich infolgedessen auf Anregung des Herrn Dr. Alb. Frank auf seine Verwendbarkeit als Dünger geprüft; eingehende, speziell von Wagner, Gerlach, Grandea, Liechti usw. ausge-

führte Untersuchungen haben ergeben, daß dieses Produkt, der sogenannte „Kalkstickstoff“, ein ausgezeichnetes Düngemittel ist, welches die Reihe der disponiblen Stickstoffdünger entsprechend vervollständigt.

Kalkstickstoff als direktes Düngemittel ergab die Möglichkeit zur Verwertung des atmosphärischen Stickstoffs, namentlich, als es sich im Großbetriebe, welcher zuerst von der nunmehrigen Inhaberin der Patente von Frank und mir, der Società Generale per la cianamide, Rom, in Piano d'Orte, errichtet wurde, erwiesen hat, daß der Preis pro Kilo gebundenen Stickstoffs so niedrig ist, daß eine Konkurrenz mit Salpeter und Sulfat auch bei wesentlich niedrigeren, als den heutigen Preisen möglich erscheint. Aber auch als Material zur Darstellung höher bewerteter stickstoffhaltiger Produkte hat der Kalkstickstoff große Anwendung gefunden. Ich will hier nur kurz auf diese Verwendungsgebiete hinweisen, desto mehr, als ja darüber ein ausführlicher Bericht des Herrn Prof. Frank an den

Apparatur zur Herstellung von Ammoniak aus Kalkstickstoff

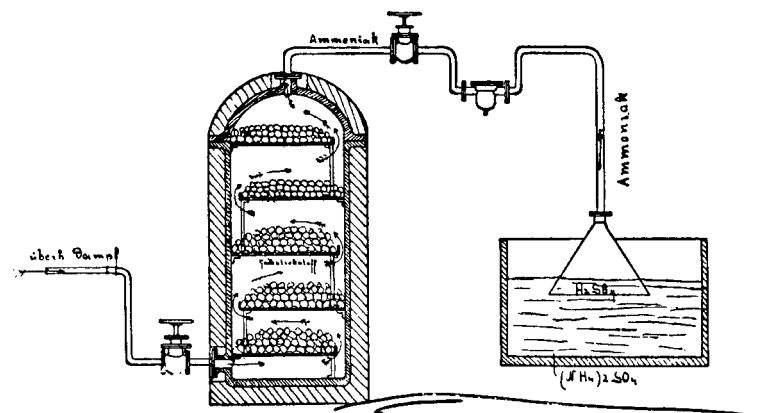
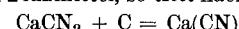


Fig. 3.

Internationalen Kongreß für angewandte Chemie in Rom vorliegt. Wir haben eine ganze Reihe von Umsetzungen gefunden, welche technisch von Wichtigkeit sind.

Bei Behandlung des Kalkstickstoffs mit überhitztem Wasserdampf (vergl. Fig. 3), wird der gesamte Stickstoff des Kalkstickstoffs in Ammoniak umgewandelt. Da bei der Kalkstickstoffbildung, wie ich gemeinsam mit Prof. Frank und Dr. Alb. Frank gefunden habe, der Kohlenstoff in graphitischer Form sich abscheidet, und wir außerdem unter Assistenz von Dr. Jacoby eine ungemein billige Methode zur Reinigung dieses Graphites gefunden haben, so erhöht die Ammoniakherstellung aus Kalkstickstoff in keiner Weise die Kosten des Stickstoffs, da die Umwandlungskosten durch den erhaltenen Graphit voll gedeckt werden.

Schmilzt man den rohen Kalkstickstoff, d. h. das Gemenge von Calciumcyanamid und Kohle mit irgend einem Flußmittel, so tritt nach der Gleichung



Cyanidbildung ein. Die Darstellung von Cyankalium nach dieser Methode wird in einer im Bau begriffenen Fabrik in sehr großem Maßstabe erfolgen.

Der rohe Kalkstickstoff stellt im Gemisch mit Flußmitteln ein ausgezeichnetes Eisenhärtungsmittel dar. Es ist bekannt, daß stickstoffhaltige Kohle die Wanderung der Kohle in das Eisen erleichtert, daß ferner Graphit sich leicht im Eisen löst. Beim rohen Kalkstickstoff sind beide Faktoren gegeben, deshalb hat sich auch das aus demselben erhaltene Härtungsmittel (unter dem Namen „Ferrodur“ bekannt) bestens bewährt.

Das aus dem Kalkstickstoff erhaltene Cyanamid bildet ein billiges Ausgangsmaterial zur Darstellung von Harnstoff, Guanidin usw.

Durchschlagen des elektrischen Funkens durch Luft Salpetersäure bzw., wie später nachgewiesen wurde, ein Gemisch derselben mit salpeteriger Säure sich bildet. Zur rationellen Ausnutzung dieses Verfahrens sind nun alle möglichen Formen der Einwirkung der Elektrizität angewendet worden: 1. die Elektrolyse, 2. die Wirkung des elektrischen Funkens, 3. die Wirkung des elektrischen Lichtbogens und endlich 4. die dunkle Funkenentladung.

Ich will an dieser Stelle nicht auf die verschiedenen in Vorschlag gebrachten Verfahren näher eingehen, indem ich auf die in dieser Zeitschrift ver-

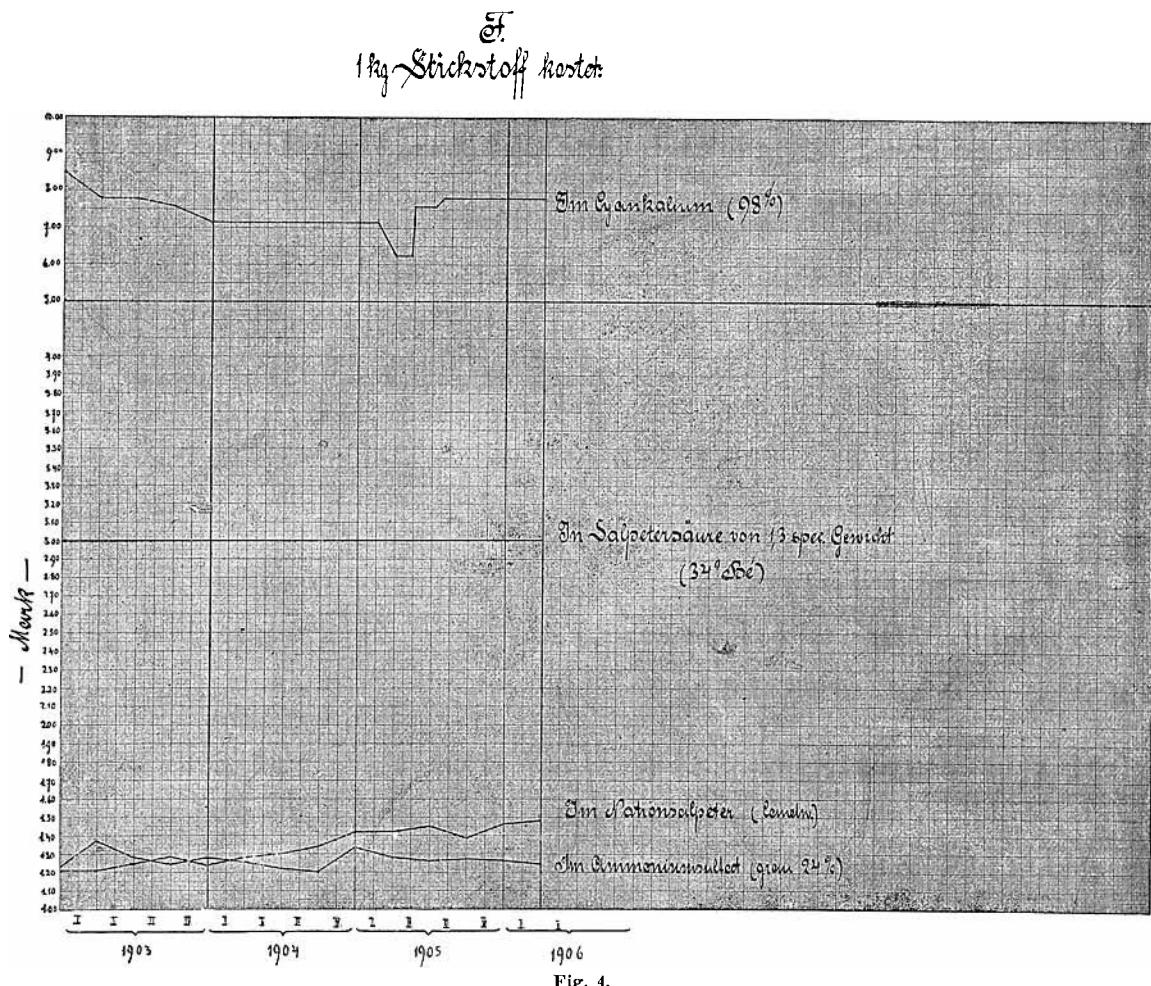


Fig. 4.

Das Polymerisationsprodukt des Cyanamids, das Dicyandiamid, und dessen Derivate sind, wie Prof. Frank festgestellt hat, gut wirkende Kühlmittel bei Schieß- und Sprengpulvern. Die Alkalisalze des Cyanamids sind, wie ich festgestellt habe, imstande, Phenylglycin bzw. dessen Derivate zu Indigo zu kondensieren.

Neben der Methode zur Fixierung des atmosphärischen Stickstoffs nach dem Verfahren von Frank und mir durch Carbide sind weitere Methoden zur Fixierung des Stickstoffs durch Bindung desselben mit dem Sauerstoff der Luft entstanden.

Dieselben beruhen alle auf der 1784 von Cavendish gemachten Beobachtung, daß beim

öffentlichten Zusammenstellungen derselben von Neuburg er hinweise.

Ich will nur bemerken, daß die hauptsächlichste Durcharbeitung diejenigen Verfahren gefunden haben, bei denen zur Verbrennung des Stickstoffs die hohe Temperatur des Lichtbogens angewendet wird. Es sind die verschiedenartigsten Methoden angegeben worden, um die Wirkung des Lichtbogens auf die eigentliche Reaktionszone zu beschränken resp. eine Zersetzung der gebildeten Produkte durch denselben zu vermeiden, so durch Teilung des Lichtbogens nach den Methoden von Bradley und Lovejoy (Atmospheric Products Co. in Niagara Falls) und von Kowalski

und M o s c i c k i (Initiativ Komitee für die Herstellung von stickstoffhaltigen Produkten in Freiburg) oder durch Ausblasen des Lichtbogens durch den Luftstrom nach den Methoden von G r i m , G u e y e , der Société anonyme des études electrochimiques usw., bzw. durch einen Magneten nach dem Verfahren von S i e m e n s & H a l s k e und besonders demjenigen von B i r k e l a n d und E y d e .

Die Verbrennung von Stickstoff in Sauerstoff ist Gegenstand zahlreicher Untersuchungen von N e r n s t , F ö r s t e r , M u t h m a n n und H o f f e r , v. L e p e l , H a b e r u . a . gewesen, die in Verbindung mit den veröffentlichten Berichten von Geheimrat W i t t über das B i r k e l a n d - E y d e sche System eine Beurteilung dieser in Frage kommenden Verfahren ermöglichen.

Danach scheint die Möglichkeit gegeben, nach diesen Verfahren, speziell nach demjenigen von B i r k e l a n d und E y d e eine Nitrose zu erhalten, deren Kondensation und Überführung in Salpetersäure keine Schwierigkeiten bieten soll. Während also dieser Prozeß zur Darstellung von Salpetersäure geeignet sein soll, muß ich bezweifeln, daß derselbe zur Darstellung von salpetersaurem Kalk für Düngzwecke sich eignet, resp. hierbei dem Kalkstickstoffverfahren nicht nachsteht.

Man muß nämlich in Betracht ziehen, daß die Ökonomie beider Prozesse in erster Reihe und hauptsächlich eine Funktion des nötigen Kraftverbrauchs ist.

Bei dem Kalkstickstoffverfahren werden pro KW.-Jahr 2 t Carbid, entsprechend 2,5 kg Kalkstickstoff im Großbetriebe erhalten, d. h. 500 kg Stickstoff gebunden. Es sind demnach pro t gebundenen Stickstoffs 2,7 HP.-Jahr nötig, oder unter Hinzurechnung allen übrigen Kraftbedarfes der Fabrikation, wie der Großbetrieb erwiesen hat, zur Herstellung des fertigen Produktes pro t Stickstoff 3 HP.-Jahre.

Die Angaben für Kraftverbrauch für die Herstellung von Salpetersäure nach B i r k e l a n d und E y d e sind schwankend. Geheimrat W i t t gibt an einer Stelle seines Berichtes an, daß pro KW.-Jahr 500—600 kg HNO₃ gebildet, d. h. 133 kg Stickstoff gebunden werden. an anderer Stelle dieses Berichtes macht er die Angabe, daß die von ihm besuchte Anlage, welche für 1500 KW. ausgebaut ist, imstande sein wird, pro Tag 1500 kg, d. h. pro KW.-Tag 1 kg, pro KW.-Jahr 365 kg HNO₃ zu liefern, oder 81,1 kg Stickstoff pro KW.-Jahr zu binden. Von anderer Seite wird angegeben, daß nach B i r k e l a n d und E y d e pro KW.-Jahr 700 kg HNO₃ erzeugt werden können. Wird diese höchste Zahl als richtig angenommen, so folgt hieraus, daß zur Bindung von 1 t atmosphärischen Stickstoffs nach B i r k e l a n d und E y d e 8,6 HP.-Jahre nötig sind, gegen 3 HP.-Jahre nach dem Verfahren von F r a n k und mir.

Dazu kommt noch, daß nach dem F r a n k - C a r o schen Verfahren sofort ein gebrauchsfähiges Produkt entsteht, während nach dem B i r k e l a n d - E y d e schen Verfahren ein wenig Nitrose enthaltendes Gas erhalten wird, welches erst kondensiert und dann weiter verarbeitet werden muß durch Konzentration der erhaltenen dünnen Säure bzw. Bindung an Kalk.

Ich glaube deshalb, daß, wenn auch das B i r k e l a n d - E y d e sche und auf ähnlicher Basis beruhende Verfahren sich zur Darstellung von Salpetersäure eignen, da, wie die Fig. 4 zeigt, in diesem Produkt der Stickstoff erheblich höher bewertet wird als im Düngemittel (Chile oder Sulfat), so dürfte seine ökonomische Anwendung für Düngzwecke wohl kaum oder nur unter besonders günstigen Umständen in Betracht kommen. Nicht unerwähnt möchte ich lassen, daß die Überführung von Ammoniak in Salpetersäure nach O s t w a l d oder nach einer von Prof. F r a n k und mir ausgearbeiteten Methode keine besonderen Schwierigkeiten zu bereiten scheint, so daß hierdurch der Weg gegeben ist auch aus dem als Kalkstickstoff gebundenen Stickstoff auf dem Umwege über Ammoniak in rentabler Weise direkt starke Säure zu erlangen.

Die Methoden der Bindung von atmosphärischem Stickstoff haben sich zunächst im Auslande eingebürgert, weil deren Anwendung an große Kraftzentralen gebunden ist, und dieselben in den großen Wasserkräften Italiens, Norwegens und der Schweiz billiger zu beschaffen sind als in Deutschland. Jedoch wäre es verfehlt anzunehmen, daß es in Deutschland an geeigneten Kraftquellen mangelt. Die fortschreitende Wasserwirtschaft bringt in Deutschland eine Regulierung der Abflüsse der Niederschlagsgebiete mit sich, welche sich in der Schaffung großer Kraftsammler in Form von Talsperren, Staubecken usw. äußert. Gerade das Land, dessen Gäste wir sind, gibt die Möglichkeit zum Ausbau großartiger Wasserkraftanlagen; die Allgäuer und Nordtiroler Alpen senden von ihren Nordabhängen die Flüsse Iller, Lech mit Wertach und Isar mit Loisach und Ammer zur Donau, im Süden dieser Alpenzüge holt dann der Inn die Wasser eines gewaltigen Einzugsgebietes, welches von den Albula- und Berninabergen sowie von den Ortler-, Ötztaler- und Zillertalalpen begrenzt wird, im Südosten Bayerns empfängt noch der Inn die Alz und die Salzach.

Diese Flußläufe zeigen im alpinen Teile der Einzugsgebiete starken Fall, der desto besser ausgenutzt werden kann, als in ihren Gebieten große Seen liegen, die als natürliche Stauweihen dienen und damit die Schwankungen des Wasserzuflusses in den verschiedenen Jahreszeiten und im täglichen Kraftbedarf ausgleichen können. So der Alpsee für die Iller, der Bannwaldsee für den Lech, der Walchen- und Kochelsee für die Isar in Verbindung mit der Loisach, der Lautersee für den Achenbach, der Chiemsee für den Inn und dgl. mehr.

Diese natürlichen Bedingungen lassen die bayrischen Wasserkräfte als sehr geeignet zum Ausbau erscheinen.

Neben den Wasserkräften sind in Deutschland noch viele andere Kraftquellen vorhanden, welche bisher nicht ausgenutzt worden sind, weil eine geeignete örtliche Verwendung fehlte. Eigentümlicherweise sind es zumeist auch solche Kraftquellen, bei deren Erschließung bereits eine Steigerung der einheimischen Stickstoffproduktion stattfindet.

Ich habe darauf hingewiesen, daß die Stickstoff produzierenden Verfahren von M o n d zur Verarbeitung von Kohle, das kombinierte Verfahren von F r a n k und mir zur Nutzbarmachung von Moorendas von mir angegebene Verfahren zur Nutzbarmachung von Wäschebergen usw. große Kraftüber-

schüsse liefern, von deren Ausnutzung zum Teil, wie beim Torf oder ganz, wie bei der Kohle, die Anwendbarkeit derselben überhaupt abhängt.

In der Bindung des atmosphärischen Stickstoffs, speziell in der Angliederung des Frank-Caro-schen Kalkstickstoffverfahrens liegt die Möglichkeit, diese Verfahren im großen Maßstabe auch dort einzubürgern, wo momentan für Kraft keine Abnahme existiert. Die Verbindung dieser Verfahren gibt durchaus die Möglichkeit einer rationellen Ausnutzung der Kohle und, worauf Frank immer hingewiesen hat, die Möglichkeit, noch Moorgebiete vorteilhaft zu kolonisieren.

Auf Grundlage der deutschen Wasserkräfte bzw. unter Ausnutzung der Kraftüberschüsse von

in der Lage, geradezu unlimitierte Mengen Stickstoff aufzunehmen, wie aus der Zusammenstellung in Tabelle 11 ersichtlich ist.

11.

mit:	a Es sind in Deutsch- land bebaut ha	b Es beträgt der durch- schnitl. Ertrag pro ha: kg	c Bei Intensiv- bewirtschaftg. wird erzielt pro ha: kg	
			2 800—3 000	3 800—4 000
Roggen	6 000 000	1 500	2 800—3 000	
Weizen	2 400 000	1 880	3 800—4 000	
Hafer	4 000 000	1 720	3 500—3 800	
Kartoffel	3 200 000	12 990	25 000—30 000	
Gerste	1 000 000	1 660	3 200—3 500	

Deutschlands Export an Cyankalium. 1886-1904.

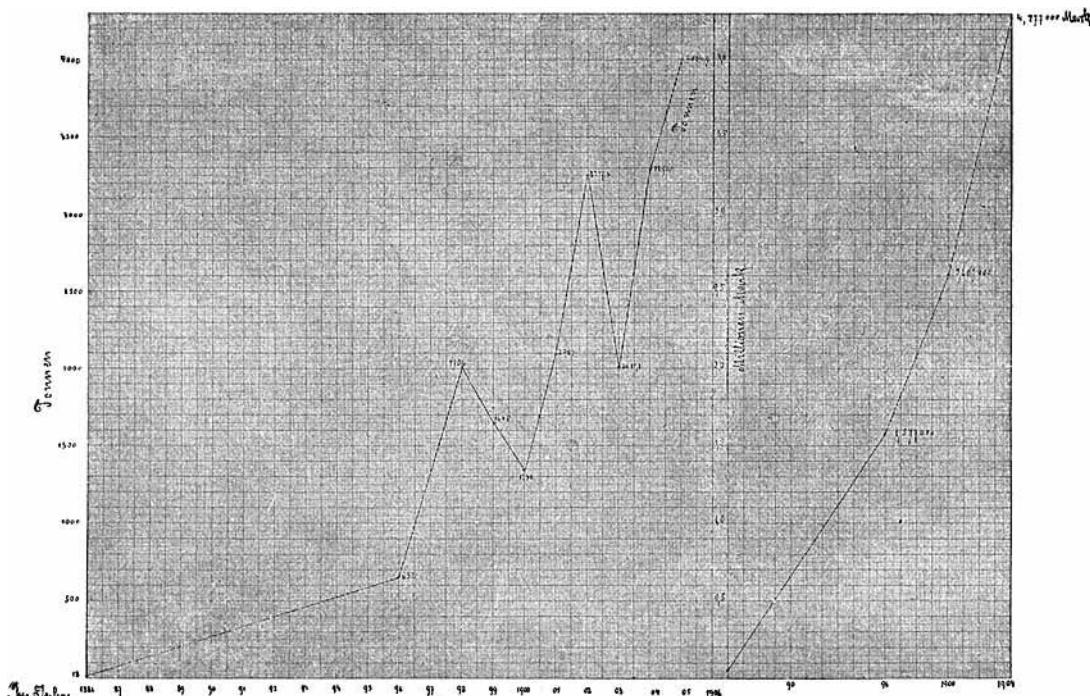


Fig. 5.

Vergasungsanlagen und Ausnutzung der Reserven großer Elektrizitätszentralen gelangen jetzt Kalkstickstoffanlagen in Deutschland zur Ausführung, bzw. sind im Bau begriffen.

Es sind, wie wir sehen, eine ganze Anzahl von Industrien in der Entwicklung begriffen, die wohl imstande sind, die einheimische Stickstoffproduktion zu steigern. Im Zusammenhange mit dieser Tatsache muß jedoch die Frage aufgeworfen werden, ob denn der Stickstoffmarkt derart ist, daß er imstande ist, diese vergrößerten Stickstoffmengen aufzunehmen. Ich glaube dies bejahen zu können. Die chemische Industrie Deutschlands verbraucht stetig steigernde Quantitäten an Stickstoffen. Ich will nur des Beispiels halber auf die Ausfuhr von Cyankalium (Fig. 5) hinweisen, weil dieses Produkt, wie aus Fig. 4 ersichtlich ist, den teuersten Stickstoff unter den Stickstoffgroßartikeln enthält.

Doch auch die deutsche Landwirtschaft ist noch

	d Es kann pro ha mehr erreicht werden	e Es wird pro kg Stickst. erzielt ein Mehrertrag von kg	f Es kann die Stickstoffzufuhr betrugen mehr pro ha total	
			g von kg	total
Roggen	1 500	25	60	360 000
Weizen	2 000	15	130	372 000
Hafer	2 000	20	100	400 000
Kartoffel	12 000	100	120	384 000
Gerste	1 500	25	60	60 000

Ich habe hierbei beispielsweise ausgerechnet, wie groß die Zufuhr an Stickstoff sein müßte, um die jetzigen Durchschnittserträge auf gute, bei Intensivbewirtschaftungen erzielte zu erhöhen, indem ich die nach den statistischen Jahrbüchern angegebenen Zahlen für bebaute Flächen und Durchschnittserträge mit den nach Bornemann (Anleitung zum zweckmäßigen Gebrauch von Handelsdünger) verglich, ferner auf Grund

des 15—40jährigen Durchschnitts der Rothamstedter Versuche (vgl. Bielefeld, Landw. Jahrb. 25, [1897]) festgestellten Mehrertragszahlen pro Kilo Stickstoff in Betracht zog und danach ausrechnete, wieviel Stickstoff pro ha resp. im ganzen der bebauten Fläche zugeführt werden müßte, um die hohe Ertragszahl der Intensivwirtschaften zu erhalten. Sie sehen, daß hierbei schon für Roggen 360 000 kg Stickstoff erhalten werden, d. h. über das Doppelte des jetzigen gesamten deutschen Stickstoffverbrauches.

Auch wenn man diejenigen Mehrertragszahlen annimmt, welche Wagner bei seinen Untersuchungen über den Düngerwert des Salpeters und Ammoniumsulfats vereinzelt festgestellt hat, so erhält man doch für die Möglichkeit der Vergrößerung des Stickstoffbedarfes gewaltige Werte, da hierbei noch berücksichtigt werden muß, daß große Teile der Landwirtschaft, wie z. B. Forstkulturen, bis jetzt einer rationellen Stickstoffdüngung ermangelten, trotzdem schon Versuche mit so niedrigprozentigen Materialien, wie Straßenmüll, geradezu ausgezeichnete Resultate ergeben haben.

In der Auffindung neuer Quellen zur Darstellung primärer stickstoffhaltiger Produkte hat die deutsche Industrie eine Aufgabe von hoher wirtschaftlicher Bedeutung zu lösen; es ist Hoffnung vorhanden, daß ihr das um so leichter gelingen wird, als nach Lage der Verhältnisse sie hierbei nicht nötig hat, mit bestehenden Industrien zu konkurrieren, sondern zunächst nur dieselben zu ergänzen.

Die Kunstseide.

Von Dir. Dr. LEHNER, Zürich¹⁾.

(Eingeg. d. 11.6. 1906.)

Eine Fülle von Rätseln gibt dem Chemiker die unermüdlich schaffende Natur zum Lösen auf. Nicht allein, was die an ihren Standpunkt gebundene Pflanze erzeugt, z. B. die herrlichen Farbstoffe, welche in ihrer innersten Zusammensetzung durch eine geniale Zergliederung in ihren kompliziertesten Zusammensetzungen uns heute klar vor Augen stehen, und wodurch es uns ermöglicht wird, im Laboratorium die Natur zu kopieren, auch das Tierreich bietet uns Vorbilder, welche wir berufen sind, zu erschließen.

Einen Faden, gleich den Spinnen und der Seidenraupe künstlich zu erzeugen, ist ein solches Problem. Dies hat schon der treffliche Beobachter Réaumur im Jahre 1734 angeregt. Bei dem damaligen Stande der Chemie blieb es jedoch bei dieser Anregung, und es mußte die Chemie als Wissenschaft sich erst entwickeln, um hier nähertreten zu können. Allerdings sind wir auch heute noch nicht so weit, ein dem tierischen Produkt in chemischer Hinsicht gleichkommendes Material zu erzeugen, und dadurch ist der Name „Seide“ bei unserem Kunstprodukt nicht gerechtfertigt. Immerhin ist aber der Ausgangspunkt sowohl bei dem natürlichen, bei der Raupe die Nahrung, als dem Kunstprodukt der gleiche, es ist die Zellulose, und das Aussehen der beiden Endprodukte differiert sehr wenig.

1) Vortrag, gehalten auf der Hauptversammlung des Vereins deutscher Chemiker zu Nürnberg, am 7./8. 1906.

In dem Buche des Herrn Dr. Süvern: „Die künstliche Seide“, sind ihre Herstellung, Eigenschaften und Verwendung eingehend sachgemäß geschildert, sowie auch durch ausgezeichnete Vorträge der Herren Proff. Dr. Witt, Dr. Stockmayer und anderer, weitere Kreise damit bekannt gemacht worden.

Ich möchte im folgenden als Veteran, der von den ersten Anfängen an mitgearbeitet hat, mich auf die historische Entwicklung dieser neuen Industrie beschränken und hierdurch irrite Traditionen berichtigten.

Durch die Entdeckung der Schießbaumwolle und des daraus bereiteten Kollodiums, aus welchem durch Erstarren der Lösung sich feste Häutchen und Fäden bilden ließen, war dem ursprünglichen Gedanken Réaumur eine feste Unterlage gegeben. In dem englischen Patente von Ademars von Lausanne im Jahre 1855 werden zur Herstellung künstlicher Seide Maulbeerzweige, also Zellulose, durch Nitrieren in Schießbaumwolle übergeführt, in Ätheralkohol gelöst, welcher Lösung noch eine ätherische Lösung von Kautschuk zugesetzt wird. Eine Stahlspitze, welche in die zähe Mischung eingetaucht wurde, ermöglichte das Ausziehen von Fäden, die, an der Luft erstarrt, auf einer Spule aufgewickelt wurden. Die Idee Réaumur als solche war damit zur Verwirklichung gebracht. Sie war jedoch technisch nicht derart durchgeführt, daß dieses Verfahren in die Praxis Eingang finden konnte, und geriet in Vergessenheit. Dreißig Jahre lang ruhte nun diese Sache. Mittlerweile hatte sich die elektrische Industrie entwickelt, und speziell für die Beleuchtung wurde die Beschaffung von Glühfäden, d. h. Kohlenfilamenten für elektrische Glühlampen nötig, welche eine homogene und kompakte Textur, sowie einen überall gleichen Querschnitt zeigen mußten. Die verkohlte Bambusfaser, welche zuerst benutzt wurde, genügte diesen Anforderungen nicht vollständig. Es waren die Engländer Swan, Wyne und Powell, Weston, Swinburne, Crookes, welche vom Jahre 1882 ab Lösungen von Zellulose, resp. Nitrozellulose, hierzu in Anwendung brachten. Diese Zellulolösungen wurden durch Ausspritzen aus enger Öffnung in eine Erstarrungsflüssigkeit zum Koagulieren gebracht und dadurch zu regulären Fäden von unbegrenzter Länge umgewandelt. Hier begegnen wir also zum ersten Male einer Fadenerzeugung, wie sie uns die Natur als Vorbild zeigt. Diese Fäden, welche schließlich aus reiner Zellulose bestanden, repräsentierten demnach die sogenannte künstliche Seide und wurden von den Genannten fabrikmäßig hergestellt. Aus diesen Fäden erzeugten sie durch Carbonisierung reine Kohlenfäden. Sie gingen also in ihrem Endziel noch einen Schritt weiter, als allein zur Erzeugung künstlicher Fäden nötig gewesen wäre, sie hatten auch eine spezielle lohnende technische Verwendung für dieselben gefunden. Die künstlichen Fäden als solche wurden demnach nicht für sich selbst vermöge ihres Glanzes als Ersatz für Seide zu letzterer Verwendung erzeugt, sondern waren nur ein Zwischenprodukt. Die Erfinder, insbesondere Swan, erkannten jedoch diese andere technische Nutzbarmachung, außer zu Glühfäden, sehr wohl. In der Generalversammlung der Gesellschaft für chemische Industrie in London